



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 53 446 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**E 02 D 3/074**

⑳ Aktenzeichen: 100 53 446.5  
㉑ Anmeldetag: 27. 10. 2000  
㉒ Offenlegungstag: 6. 6. 2002

**DE 100 53 446 A 1**

⑦① Anmelder:  
Wacker-Werke GmbH & Co. KG, 80809 München,  
DE  
  
⑦② Vertreter:  
Müller - Hoffmann & Partner Patentanwälte, 81667  
München

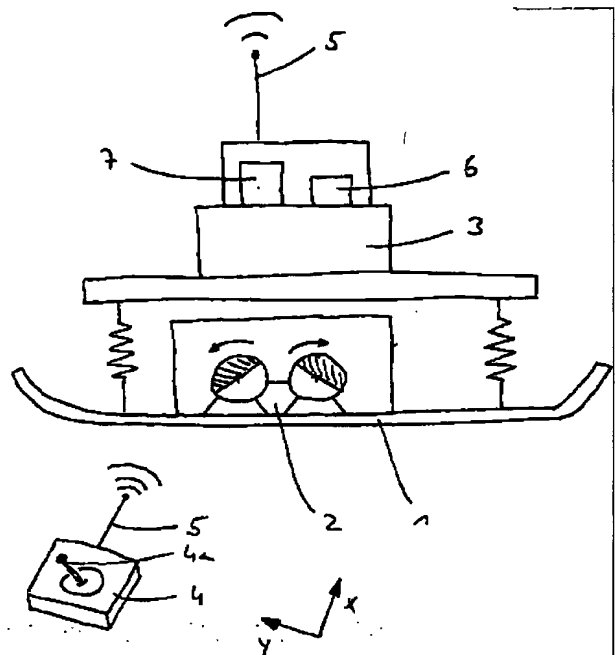
⑦③ Erfinder:  
Antrag auf Nichtnennung  
  
⑤⑤ Entgegenhaltungen:  
DE 42 11 284 C1  
DE 199 13 074 A1  
DE 31 13 693 A1  
DE781 8542u1  
DE 42 08 177

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Fahrbare Bodenverdichtungsvorrichtung mit Fahrtrichtungsstabilisierung**

⑤⑦ Eine Bodenverdichtungsvorrichtung weist eine Bewegungserfassungseinrichtung (6) zum Erfassen eines Istwerts für die Fahrbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung auf. Der Istwert wird in einer Fahrtregelungseinrichtung (7) mit einem vom Bediener vorgegebenen Sollwert verglichen. Bei Feststellen einer Differenz korrigiert die Fahrtregelungseinrichtung (7) die Fahrbewegung durch Ansteuern einer Lenkeinrichtung (2) oder eines Fahrantriebs (2) der Bodenverdichtungsvorrichtung. Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung sind mehrere Vibrationsplatten (21, 22, 23) durch Verbindungselemente (24) zu einem Bodenverdichtungssystem verbunden, das ebenfalls eine Fahrtregelungseinrichtung trägt. Die Fahrtregelungseinrichtung steuert die einzelnen Fahrtriebe zur Lenkung des gesamten Bodenverdichtungssystems an.



**DE 100 53 446 A 1**

[0001] Die Erfindung betrifft eine fahrbare Bodenverdichtungs-  
vorrichtung bzw. ein Bodenverdichtungssystem mit  
mehreren fahrbaren Bodenverdichtungs-  
vorrichtungen.

[0002] Als Bodenverdichtungs-  
vorrichtungen sind unter  
anderem fernlenkbare Vibrationsplatten bekannt, bei denen  
ein Schwingungs- bzw. Unwuchterreger nicht nur die für die  
Bodenverdichtung erforderliche Vertikalschwingung der  
Platte, sondern durch geeignete Verstellmöglichkeiten im  
Schwingungserreger auch einen Vortrieb bewirkt. Die Lenk-  
barkeit wird durch das Erzeugen gerichteter Schwingungen  
außerhalb einer Hochachse der Vibrationsplatte erreicht.  
Derartige Vibrationsplatten weisen üblicherweise zwei par-  
allele, gegenläufig drehende Unwuchtwellen auf (daher die  
Bezeichnung "Zwei-Wellen-Erreger"), wobei eine der Wellen  
zwei voneinander unabhängig in ihrer relativen Phasen-  
lage verstellbare axial angeordnete Unwuchten trägt. Die  
Summe der  $m \cdot r$ -Werte ( $m$  = Unwuchtmasse,  $r$  = Exzentri-  
zität des Schwerpunktes der Unwuchtmasse) dieser Unwuch-  
ten entspricht dem  $m \cdot r$ -Wert der zweiten, ebenfalls eine  
Unwucht tragenden, aber gegenläufig drehenden Erreger-  
welle. Durch geeignete Synchronisation der Phasenwinkel  
der drei Unwuchten können in bekannter Weise gerichtete  
Schwingungen erzeugt werden. Ein derartiger Schwin-  
gungserreger ist aus der DE-G 78 18 542.9 bekannt.

[0003] Wird der resultierende Kraftvektor der Schwin-  
gungen in Fahrtrichtung der Vibrationsplatte nach vorne ge-  
neigt, wird die Maschine nach vorne beschleunigt. Für eine  
Kurvenfahrt nach links wird die linke Unwucht der die zwei  
Unwuchten tragenden Welle mit der großen Unwucht der  
anderen Welle derart synchronisiert, dass der aus den drei  
rotierenden Unwuchten resultierende Kraftvektor ein Dreh-  
moment (Giermoment) um die Hochachse der Vibrations-  
platte erzeugt. Durch geeignete Synchronisation der Un-  
wuchten läßt sich auch eine sogenannte Standrüttelung ein-  
stellen, bei der der resultierende Kraftvektor senkrecht ge-  
richtet ist. Entsprechend läßt sich auch eine Rückwärtsfahrt  
oder eine Drehung der Vibrationsplatte im Stand erreichen.  
[0004] Die Steuerung der Vibrationsplatte erfolgt übli-  
cherweise durch elektromechanische oder elektrohydrauli-  
sche Stellglieder zum relativen Verdrehen der Unwuchten,  
die mittels Funk-, Infrarot- oder Kabelfernsteuerung ange-  
steuert werden.

[0005] Aufgrund der taumelnden und teilweise am Boden  
schleifenden Sprungbewegung der Vibrationsplatte im Rüt-  
telbetrieb werden je nach Bodenbeschaffenheit und Rei-  
bungskoeffizient zwischen Platte und Boden ständig wech-  
selnde Kräfte und Drehmomente auf die fahrende Vibrati-  
onsplatte übertragen. Eine geringe Richtungskonstanz im  
Fahrbetrieb der Vibrationsplatte ist die Folge, so dass in kur-  
zen Zeitabständen Richtungskorrekturen durch den Bedie-  
ner erforderlich sind, um ein Ausbrechen der Vibrations-  
platte zu verhindern. Dazu ist es bei ferngelenkten Vibrati-  
onsplatten üblich, die Vibrationsplatte anzuhalten und im  
Stillstand durch Erzeugung eines maximalen Giermomentes  
um die Hochachse zu drehen. Eine Kurvenfahrt, also die Er-  
zeugung eines Giermomentes bei gleichzeitiger Vortriebsbe-  
wegung der Vibrationsplatte, ist zwar prinzipiell möglich,  
jedoch aufgrund der geringen Richtungsstabilität in der Pra-  
xis kaum durchführbar. Das ständige Ausrichten der Vibri-  
ationsplatte erfordert vom Bediener höchste Konzentration.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine  
Bodenverdichtungs-  
vorrichtung mit verbesserter Fahrtrich-  
tungsstabilität anzugeben, mit der trotz unvorhersehbarer  
Krafteinflüsse des Bodens eine konstante Geradeausfahrt  
oder eine koordinierte Kurvenfahrt möglich ist.

[0007] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Bo-

denverdichtungs-  
vorrichtung mit den Merkmalen von Pa-  
tentanspruch 1 gelöst. Die erfindungsgemäße Lösung für die  
Bodenverdichtungs-  
vorrichtung läßt sich auch auf eine mit  
mehreren Schwingungserregern ausgestattete Bodenver-  
dichtungs-  
vorrichtung und auf ein aus mehreren Bodenver-  
dichtungs-  
vorrichtungen bestehendes Bodenverdichtungs-  
system übertragen, das in Patentanspruch 16 definiert ist. Vor-  
teilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhän-  
gigen Ansprüchen angegeben.

[0008] Die erfindungsgemäße Bodenverdichtungs-  
vorrichtung weist eine Bewegungserfassungseinrichtung zum Er-  
fassen eines Istwerts für die eine Ausrichtung, eine Fahrtrich-  
tung, einen Kurs über Grund, eine Drehrate und/oder  
eine Fahrtgeschwindigkeit der Bodenverdichtungs-  
vorrichtung umfassende Fahrbewegung auf. Durch die Bewegungs-  
erfassungseinrichtung läßt sich die tatsächliche, z. B. durch  
Bodennebenheiten oder die Bodenbeschaffenheit bewirkte  
Bewegung oder Ausrichtung der die Bodenverdichtungs-  
vorrichtung feststellen.

[0009] Der von der Bewegungserfassungseinrichtung ab-  
gegebene Istwert wird in einer Fahrtregelungseinrichtung  
mit einem vom Bediener mittels eines Fahrtgebers vorgege-  
benen Sollwert verglichen. Die Fahrtregelungseinrichtung  
steuert die Lenkeinrichtung und/oder den Fahantrieb der  
Bodenverdichtungs-  
vorrichtung derart an, dass eine Differ-  
enz zwischen Ist- und Sollwert, also eine Regelabwei-  
chung, minimal wird. Das bedeutet, dass durch Bodeneff-  
ekte bzw. die taumelnde Bewegung der Vibrationsplatte  
hervorgerufene Richtungsänderungen unmittelbar durch die  
Bewegungserfassungseinrichtung registriert werden kön-  
nen, so dass die Fahrtregelungseinrichtung eine entspre-  
chende Gegenkorrektur vornehmen und die Bodenverdich-  
tungs-  
vorrichtung wieder auf die vom Bediener gewünschte  
und in Form des Sollwerts vorgegebene Fahrbewegung,  
z. B. einen Kurs über Grund bringen kann. Das hat zur  
Folge, dass die Bodenverdichtungs-  
vorrichtung selbst auf  
schrägem oder unebenem Untergrund einen konstanten Ge-  
radeauslauf vollziehen kann. Weiterhin ist eine koordinierte  
Kurvenfahrt mit gleichzeitiger Drehung und Vorwärtsbewe-  
gung entsprechend den Wünschen des Bedieners möglich,  
ohne dass der Bediener permanent mit dem Fahrtgeber kor-  
rigierend eingreifen müßte.

[0010] Der Begriff "Fahrbewegung" wird in Zusammen-  
hang mit der Erfindung als Oberbegriff für eine Vielzahl ein-  
zelner physikalischer Größen verwendet, die im weitesten  
Sinne die Bewegung der Bodenverdichtungs-  
vorrichtung betreffen: Unter "Ausrichtung" ist eine Stellung der Bodenver-  
dichtungs-  
maschine in einem Inertialsystem bzw. über  
Grund zu verstehen. Als "Fahrtrichtung" ist die Bewegungs-  
richtung der Bodenverdichtungs-  
vorrichtung in einem Inerti-  
alsystem, z. B. dem Erdmagnetfeld zu sehen. Davon unter-  
scheidet sich der "Kurs über Grund", der der tatsächlichen  
Bewegung der Bodenverdichtungs-  
vorrichtung über dem zu  
verdichtenden Boden entspricht. So kann z. B. eine Boden-  
verdichtungs-  
vorrichtung in Richtung Nord-Westen ausge-  
richtet sein, aber aufgrund der durch den Schwingungserre-  
ger erzeugten Antriebswirkung eine Fahrtrichtung schräg  
dazu, nämlich in Richtung Westen, einnehmen. Wenn nun  
die Bewegung der Bodenverdichtungs-  
vorrichtung z. B.  
durch einen schrägen Untergrund oder durch Bodenneben-  
heiten gestört wird, besteht die Möglichkeit, dass die Fahrtrich-  
tung der Bodenverdichtungs-  
vorrichtung zwar konstant  
in Richtung Westen gerichtet ist, aber aufgrund der durch  
die Bodennebenheiten hervorgerufenen Stöße jeweils  
etwas versetzt wird. Der sich daraus ergebende Kurs über  
Grund weicht folglich von der eingestellten Fahrtrichtung  
ab.

[0011] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfin-

dung ist die Fahrtregelungseinrichtung in der Lage, bei einem entsprechenden Bedienerwunsch die Lenkeinrichtung und/oder den Fahrtrieb derart anzusteuern, dass sich die Bodenverdichtungs-  
 vorrichtung mit maximaler Geschwindigkeit bei minimaler Regelabweichung, also größtmöglicher Richtungskonstanz, fortbewegt. Das bedeutet, dass auch bei Kurvenfahrten hohe Fahrtgeschwindigkeiten der Bodenverdichtungs-  
 vorrichtung erreicht werden können.

[0012] Als Bewegungserfassungseinrichtung eignen sich handelsübliche Gierratensensoren, Kreiselkompass, optische Faserkreisel, Erdmagnetfeldsensoren, GPS-Empfänger (GPS: Global Positioning System) oder Beschleunigungssensoren und geeignete Kombinationen aus den genannten Elementen.

[0013] Je nach Aufwand bei der Ausgestaltung der Bewegungserfassungseinrichtung und der Regelalgorithmen in der Fahrtregelungseinrichtung lassen sich unterschiedliche Regelverhalten einstellen: Bei einem relativ einfachen Regelungsfall ist ein Kreiselkompass vorgesehen, der mit einer zugehörigen Regelung versucht, einer durch eine Störung hervorgerufenen Drehung um die Gierachse der Bodenverdichtungs-  
 vorrichtung entgegen zu wirken. Wenn die durch Fremdeinwirkung hervorgerufene Drehung jedoch zu stark ist, wird die Regelung überwunden, und eine dauerhafte Regelabweichung stellt sich ein. Bei einer aufwändigeren Regelung ist es dagegen möglich, dass durch die Bewegungserfassungseinrichtung eine Abweichung der Fahrtrichtung festgestellt und ausgeregelt wird. Das bedeutet, dass sich die Bodenverdichtungs-  
 vorrichtung immer wieder in die gleiche Richtung bewegen wird. Ein durch Fremdeinwirkung hervorgerufener Parallelversatz der Bodenverdichtungs-  
 vorrichtung lässt sich dadurch jedoch nicht korrigieren. Eine noch aufwändigere, dem Flugzeugbau entlehnte Regelungstechnik registriert dagegen sogar Abweichungen vom vorgegebenen Kurs über Grund und ist in der Lage, nicht nur die Fahrtrichtung konstant zu halten bzw. nach erfolgten Auslenkungen entsprechend gegenzusteuern, sondern auch einen Parallelversatz zu korrigieren und die Maschine wieder auf den ursprünglichen Kurs zu bringen.

[0014] Die der Erfindung zugrundeliegende technische Lehre lässt sich besonders vorteilhaft bei einer Bodenverdichtungs-  
 vorrichtung einsetzen, die mehrere Schwingungserregersysteme aufweist, da die Drehmomente, z. B. um die Hochachse der Bodenverdichtungs-  
 vorrichtung erfindungsgemäß sensibel und unmittelbar gemäß den Erfordernissen zur Stabilisierung der Fahrtrichtung geregelt werden können. Damit werden auch Kombinationen von Schwingungserregern und deren Vortriebsrichtungen möglich, die bei manueller Regelung, also ohne Erfassung und Auswertung der Fahrbewegung aufgrund der Richtungsinstabilität des Gesamtsystems nicht beherrschbar wären. Außerdem können einfach aufgebaute Schwingungserreger, z. B. bestehend aus einem Paar gegenläufig drehender Unwuchten mit um die Erregerquerachse verstellbarem, resultierendem Kraftvektor eingesetzt werden.

[0015] Die Schwingungserregersysteme sind vorzugsweise so anzuordnen, dass ihre Vortriebsrichtungen parallel verlaufen. Eine Richtungssteuerung erfolgt über die Ausrichtung der Kraftvektoren um die Erregerquerachse, wodurch ein Drehmoment um die Hochachse der Verdichtungs-  
 vorrichtung ausgeübt wird.

[0016] Alternativ dazu eignen sich auch Schwingungserregersysteme, bei denen die Drehfrequenz, also die Drehzahl der rotierenden Unwuchten z. B. über Hydraulik-Proportionalventile einstellbar sind. Durch Veränderung der Drehzahl der Unwuchten ändert sich die resultierende Zentrifugalkraft, so dass die gewünschten Kraftwirkungen eingestellt werden können.

[0017] Bei einer anderen Ausführungsform unterscheidet sich die Vortriebsrichtung von wenigstens einem der Schwingungserregersysteme von der Vortriebsrichtung von wenigstens einem anderen Schwingungserregersystem. Die Schwingungserregersysteme können Schwingungen ohne oder mit Synchronisation erzeugen.

[0018] Bei einer bezogen auf die Vortriebsrichtungen senkrechten Anordnung der Schwingungserregereinrichtungen dient z. B. ein Erregersystem dem Vor- und Rücklauf der Bodenverdichtungs-  
 vorrichtung und das zweite Erregersystem der Richtungssteuerung. In ungestörter Geradeausfahrt ist der resultierende Kraftvektor des zur Richtungssteuerung vorgesehenen Erregersystems senkrecht zur Ebene, also ohne Vortriebsrichtung, ausgerichtet. Alternativ dazu kann der Kraftvektor auch gezielt oszillierend nach links und rechts gerichtet werden, um z. B. Schubspannungen in das zu verdichtende Gut einzubringen.

[0019] In einer besonderen Ausführung der Erfindung sind zwei synchronisierte Schwingungserregersysteme übereinander, mit senkrecht zueinander stehenden Vortriebsrichtungen in der Bodenverdichtungs-  
 vorrichtung angeordnet. Durch geeignete Ansteuerung der beiden Schwingungserregersysteme kann der resultierende Kraftvektor um die Hochachse der Bodenverdichtungs-  
 vorrichtung beliebig ausgerichtet werden. In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform kann der resultierende Kraftvektor im Schwerpunkt der Bodenverdichtungs-  
 vorrichtung angreifen. In Verbindung mit der Richtungsstabilisierung und z. B. einer Bodenkontaktplatte mit kreisförmigem Grundriss kann bei dieser Ausführungsform eine besonders hohe Richtungsstabilität und Manövrierfähigkeit der Bodenverdichtungs-  
 vorrichtung erreicht werden.

[0020] Bei einem Bodenverdichtungssystem gemäß der Erfindung können mehrere Bodenverdichtungs-  
 vorrichtungen statt oder elastisch miteinander verbunden betrieben werden. Wie bei der vorstehend beschriebenen einzelnen Bodenverdichtungs-  
 vorrichtung ist eine Bewegungserfassungseinrichtung zum Erfassen eines Istwerts für die Fahrbewegung des gesamten Bodenverdichtungssystems vorgesehen, der in einer Fahrtregelungseinrichtung mit einem vom Bediener vorgegebenen Sollwert verglichen wird. Die Fahrtregelungseinrichtung steuert die einzelnen Fahrtriebe der jeweiligen Bodenverdichtungs-  
 vorrichtungen derart an, dass die Differenz zwischen Ist- und Sollwert minimal wird. Auf diese Weise lassen sich mehrere Bodenverdichtungs-  
 vorrichtungen zu einer Binheit zusammenfassen, was eine erheblich höhere Arbeitsleistung ermöglicht. Durch die Fahrtregelungseinrichtung bleibt auch das komplexe Gesamtsystem für den Bediener einfach beherrschbar und steuerbar.

[0021] Das hat zur Folge, dass keine der Bodenverdichtungs-  
 vorrichtungen eine eigene Lenkeinrichtung benötigt. Vielmehr kann bei dem aus mehreren Bodenverdichtungs-  
 vorrichtungen bestehenden System durch Ansteuern der jeweiligen, den individuellen Vortrieb der zugehörigen Bodenverdichtungs-  
 vorrichtung erzeugenden Fahrtriebe die Fahrtgeschwindigkeit und die Fahrtrichtung, d. h. die Fahrbewegung des Gesamtsystems, eingestellt werden. Aufgrund der permanenten Erfassung der Ist-Fahrbewegung regelt die Fahrtregelungseinrichtung eventuelle Abweichungen vom Wunsch des Bedieners unmittelbar aus, so dass eine konstante und koordinierte Bewegung erreicht wird.

[0022] Die Bodenverdichtungs-  
 vorrichtungen sind bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung von einer Verbindungsstruktur derart gehalten, dass die Vortriebsrichtungen der einzelnen Bodenverdichtungs-  
 vorrichtungen parallel angeordnet sind. Ein zur Richtungsänderung erforderliches Moment um die Hochachse des Verbundes wird durch

Ansteuern der einzelnen Schwingungserreger erzeugt.

[0023] Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung unterscheidet sich die Vortriebsrichtung von wenigstens einer der Bodenverdichtungs- vorrichtungen von der Vortriebs- richtung von wenigstens einer anderen Bodenverdichtungs- vorrichtung. Durch Ansteuerung der einzelnen, zur Erzeu- gung von Vortrieb und Richtungsstabilisierung geeignet an- geordneten Fahrtriebe ist es möglich, dass sich das ge- samte Bodenverdichtungssystem richtungs- oder kursstabi- lisiert fortbewegt.

[0024] Diese und weitere Vorteile und Merkmale der Er- findung werden nachfolgend anhand von Beispielen unter Zuhilfenahme der begleitenden Figuren näher erläutert. Es zeigen

[0025] Fig. 1 eine schematische Seitenansicht einer erfin- dungsgemäßen fernlenkbaren Bodenverdichtungs- vorrich- tung;

[0026] Fig. 2a und 2b tabellarisch die Zusammenhänge zwischen einer Fahrtgeberstellung, einem Istwert von einer Bewegungserfassungseinrichtung, einer Stellung eines Schwingungserregers und einer resultierenden Fahrbewe- gung bei einer erfindungsgemäßen Bodenverdichtungs- vorrichtung in verschiedenen Fahrzuständen; und

[0027] Fig. 3a bis 3e in schematischer Draufsicht Schwin- gungserreger- und Vortriebskombinationen bei einer erfin- dungsgemäßen Bodenverdichtungs- vorrichtung; und

[0028] Fig. 4a bis 4d eine schematischer Draufsicht auf unterschiedliche Ausführungsformen eines erfindungsge- mäßen Bodenverdichtungssystems.

[0029] Die Erfindung wird anhand einer in Fig. 1 gezeigten, als Bodenverdichtungs- vorrichtung dienenden, fernsteu- erbaren Vibrationsplatte erläutert. Die Erfindung läßt sich jedoch auch auf andere Bodenverdichtungs- vorrichtungen, wie z. B. Walzen, oder nicht ferngesteuerte Vibrationsplat- ten übertragen.

[0030] Die Vibrationsplatte weist eine Bodenkontaktplatte 1 auf, auf der ein als Schwingungserregungseinrichtung dienender Zwei-Wellen-Schwingungserreger 2 angebracht ist, wie er bereits oben unter Bezugnahme auf den Stand der Technik erläutert wurde, und dessen zweite Welle zwei hin- sichtlich ihrer Phasenlage unabhängig voneinander einstell- bare Unwuchten trägt. Der Zwei-Wellen-Schwingungserre- ger 2 wird durch einen Motor 3 in bekannter Weise angetrie- ben. Die Schwingungserregungseinrichtung, also der Zwei- Wellen-Schwingungserreger 2 dient gleichzeitig als Fahr- antrieb und als Lenkeinrichtung, so dass die Erzeugung des für die Fahrtgeschwindigkeit, die Vorwärts- bzw. Rückwärtsbe- wegung und eines Drehmoments um die Hochachse der Vibri- ationsplatte erforderlichen Vortriebs mittels des Zwei- Wellen-Schwingungserregers 2 erfolgt.

[0031] Die Vibrationsplatte wird über eine als Fahrtgeber dienende Fernsteuerung 4 mit einem sogenannten Joystick 4a mittels Funk, Infrarot oder Kabel vom Bediener ange- steuert. Der Bediener trägt dazu einen Steuerkasten, auf dem der in X- und Y-Richtung bewegliche Joystick 4a, eine Art Steuerhebel angeordnet ist. Eine Auslenkung des Joysticks 4a in X-Richtung bewirkt eine Vorwärtsfahrt der Vibrations- platte, während eine Auslenkung des Joysticks 4a in positive oder negative Y-Richtung eine entsprechende Links- oder Rechts-Drehung der Vibrationsplatte bewirkt. Das Drehsig- nal kann auch eine Vorgabe für die Drehrate der Vibrati- onsplatte oder für einen beabsichtigten Kurvenradius sein. Selbstverständlich eignet sich zur Steuerung der Vibrations- platte auch jede andere Art außer der gezeigten Fernsteue- rung 4, so z. B. eine direkt an der Vibrationsplatte ange- brachte Steuereinrichtung.

[0032] Im in Fig. 1 gezeigten Beispiel wird ein durch die Fernsteuerung 4 erzeugtes Steuersignal über Antennen 5 zur

Vibrationsplatte übertragen, wo es zur Einstellung der Fahrt- geschwindigkeit, der Fahrtrichtung und gegebenenfalls der Lenkung ausgewertet wird.

[0033] Die Lenkung, also in erster Linie die Erzeugung ei- nes Gierrmoments um eine Hochachse der Vibrationsplatte, erfolgt ebenfalls durch die Schwingungserregungseinrich- tung, die in diesem Fall auch als Lenkeinrichtung dient. Die Schwingungserregungseinrichtung bildet bei der Vibrati- onsplatte gemäß Fig. 1 also gleichzeitig den Fahrtrieb und die Lenkeinrichtung. Bei anderen Ausführungsformen der Erfindung können die Funktionen jedoch auch von getrennt aufgebauten und getrennt ansteuerbaren Einrichtungen übernommen werden.

[0034] Die von der Wirkung des Schwingungserregers, aber auch von äußeren Einflüssen, z. B. von der Reibung am Boden abhängige tatsächliche Fahrbewegung der Vibrati- onsplatte, die sich aus der Fahrtgeschwindigkeit und der Fahrtrichtung zusammensetzt, wird durch eine Bewegung- erfassungseinrichtung 6 bestimmt. Je nach Einsatzzweck eignen sich für die Bewegungserfassungseinrichtung 6 Gier- ratensensoren zur Erfassung der Drehung um die Hochachse der Vibrationsplatte, Kreiselkompass oder optische Faser- kreisel zur Erfassung von Richtungsänderungen bezüglich eines Inertialsystems, Erdmagnetfeldsensoren zur Bestim- mung der Relativstellung der Vibrationsplatte im Erdma- gnetfeld, GPS-Empfänger oder Beschleunigungssensoren. Zur Erhöhung der Meßgenauigkeit wird es oftmals zweck- mäßig sein, mehrere dieser Bauelemente zu einer Bewe- gungserfassungseinrichtung 6 zusammenzufassen. So ist es z. B. auch möglich, Bewegungserfassungseinrichtungen für Navigationssysteme aus dem Automobil- oder Flugzeugbau zu übernehmen.

[0035] Außer der Fahrtgeschwindigkeit und der Fahrtrich- tung kann es auch zweckmäßig sein, die Drehrate um die Hochachse der Vibrationsplatte oder die Ausrichtung der Vibrationsplatte bezüglich eines Inertialsystems zu ermit- teln.

[0036] Ein von der Bewegungserfassungseinrichtung 6 er- zeugetes, dem Istwert für die Fahrbewegung entsprechendes Signal wird an eine Fahrtregelungseinrichtung 7 geliefert, die außerdem durch das Sollwertsignal von der Fernsteue- rung 4 beaufschlagt wird. Die Fahrtregelungseinrichtung 7 bildet eine einer Regelabweichung entsprechende Differenz zwischen dem Ist- und dem Sollwert. Mit Hilfe geeigneter Regelalgorithmen, die vom Fachmann entsprechend dem Eigenverhalten der Vibrationsplatte auszulegen sind, steuert die Fahrtregelungseinrichtung 7 den Schwingungserreger 2, also den Fahrtrieb und die Lenkeinrichtung derart an, dass die Regelabweichung minimal wird. Dadurch wird die Vibri- ationsplatte sehr präzise auf dem vom Bediener gewünschten Kurs gehalten.

[0037] Soweit von der Bewegungserfassungseinrichtung 6 Istwerte zu einer Drehrate der Vibrationsplatte oder zu ih- rer Ausrichtung geliefert werden, ist es auch möglich, diese Istwerte mit entsprechenden Sollwerten abzugleichen. So- mit kann die Stellung der Vibrationsplatte z. B. im Still- stand, in dem streng genommen keine Fahrtrichtung und keine Fahrtgeschwindigkeit vorliegt, eingestellt werden.

[0038] Die Fig. 2a und 2b zeigen exemplarisch das Zu- sammenspiel der wesentlichen Bauelemente der Vibrations- platte in Zusammenhang mit unterschiedlichen Fahrzustän- den in tabellarischer Form. In den Spalten der Tabelle wer- den die Joystick-Stellung, d. h. die Stellung des Joysticks 4a an der Fernbedienung 4, ein Gierratensignal als Darstellung eines von der Bewegungserfassungseinrichtung 6 gelieferte- ten Istwerts, die Stellung der Unwuchten im Schwingungs- erreger 2 sowie die resultierende Fahrbewegung der Vibrati- onsplatte gegenübergestellt.

[0039] Der Schwingungserreger 2 entspricht dem bereits beschriebenen Zwei-Wellen-Schwingungserreger, bei dem zwei Wellen gegenläufig, aber miteinander synchronisiert drehbar sind und jeweils Unwuchten tragen. Auf einer der Wellen (in Fig. 2a-1 die linke) ist die Unwuchtmass in zwei axial angeordnete Teilmassen aufgeteilt, die zwar gemeinsam auf der zugehörigen Welle mitdrehen, jedoch in ihrer Phasenlage zueinander verstellbar sind, wie durch einen Vergleich zwischen Fig. 2a-1 und Fig. 2a-2 erkennbar ist.

[0040] Zusätzlich zu den Unwuchtmassen sind auch die zwischen der Unwuchtmass der einen (rechten) Welle und der jeweiligen anderen (linken) Teilmassen entstehenden resultierenden Kraftvektoren eingezeichnet.

[0041] In Fig. 2a-1 sind die Unwuchtmassen in der Schwingungserregungseinrichtung derart synchronisiert, dass ein maximaler Vortrieb und damit eine maximale Vorwärtsgeschwindigkeit der Vibrationsplatte erreicht werden kann. Die resultierenden Kraftvektoren stehen daher in einem Winkel von etwa 45° nach vorne geneigt.

[0042] Bewirkt wird diese Unwuchtstellung durch den Joystick 4a, der einen maximalen X-Wert (hier: 100) liefert.

[0043] Solange sich die Platte konstant vorwärtsbewegt, bleibt das Gierratensignal auf einem konstanten Wert, z. B. bei Null, da keine Drehung der Vibrationsplatte um ihre Hochachse erfolgt. Zur Erläuterung des Verlaufs des Gierratensignals wird angenommen, dass das Gierratensignal eine Spannung ist, deren Verlauf über der Zeit dargestellt wird.

[0044] Exemplarisch wird in Fig. 2a-1 auch der Fall einer Störung, z. B. aufgrund einer Unebenheit des Bodens gezeigt. Das Gierratensignal schlägt dann aus (gestrichelte Linie), da die Vibrationsplatte eine geringfügige Drehung vollzieht. Eine sich aufbauende Abweichung zwischen dem durch die Joystick-Stellung vorgegebenen Sollwert und dem Istwert wird sofort durch die Fahrtregelungseinrichtung 7 erkannt und durch Beeinflussung der Unwuchtstellungen und damit der resultierenden Kraftvektoren korrigiert, mit dem Ziel, das Gierratensignal bei Null zu halten.

[0045] Kommt es trotzdem zu einer Fahrtrichtungsänderung, z. B. weil die von außen einwirkende Störung zu stark ist, wirkt also eine Drehrate über eine gewisse Zeit ein oder überschreitet einen Grenzwert, so kann bei Anwendung eines geeigneten Regelgesetzes durch Erzeugung eines über entsprechende Zeit wirkenden gegenläufigen Gierrmoments die Vibrationseinrichtung in ihre Ausgangs-Fahrtrichtung zurückgedreht werden. Die Fahrtregelungseinrichtung 7 ist dabei zweckmäßigerweise derart auszulegen, dass sie nicht nur die Drehung der Vibrationsplatte verhindert, wenn keine Drehung erwünscht ist, sondern auch eine durch äußere Störeinflüsse erfolgte Drehung durch eine Gegendrehung kompensieren läßt.

[0046] In Fig. 2a-2 wird ein Fahrzustand gezeigt, indem die Vibrationsplatte eine Kurvenfahrt nach links vorne vollzieht.

[0047] Die Joystick-Werte liegen jetzt beispielhaft bei X = 100 und Y = 50, d. h., dass der Bediener weiterhin maximale Vorwärtsfahrt und gleichzeitig aber eine Linksdrehungskomponente, z. B. als Vorgabe für eine Drehrate, verlangt. Die Unwuchten in der Schwingungserregungseinrichtung 2 erzeugen dementsprechend zwei unterschiedliche resultierende Kraftvektoren, derart, dass der - in Fahrtrichtung gesehen - rechte Kraftvektor weiterhin eine Vorwärtskomponente aufweist, während der linke Kraftvektor lediglich vertikal gerichtet ist, also ausschließlich der Bodenverdichtung, nicht aber einer Vorwärtsbewegung dient.

[0048] Das Gierratensignal steigt aufgrund der Drehung der Vibrationsplatte an und bleibt dann auf einem konstanten Wert, wenn die Drehung der Vibrationsplatte konstant ist. Der Sollwert für das Gierratensignal ergibt sich wieder

aus der Joystick-Stellung, so dass die Fahrtregelungseinrichtung 7 eventuelle Abweichungen des Gierratensignals sofort durch Eingriff in die Unwuchtstellung ausregeln kann.

[0049] Fig. 2a-3 zeigt den Fall einer Drehung der Vibrationsplatte im Stand nach links. Der Bediener stellt den Joystick auf die Stellung X = 0 und Y = 100, da er keine Fahrtgeschwindigkeit, sondern lediglich eine Drehung der Vibrationsplatte wünscht. Dazu erzeugen die Unwuchten gegeneinander gerichtete resultierende Kräfte, um eine maximale Drehung zu bewirken. Dementsprechend wird das Gierratensignal auf einem maximalen Wert gehalten.

[0050] Fig. 2a-4 zeigt die Vibrationsplatte in Standrüttelung, bei der die Schwingungserregungseinrichtung keinen Vortrieb, sondern lediglich vertikal gerichtete Schwingungen erzeugt. Da die Vibrationsplatte keine Drehung vollzieht, liegt das Gierratensignal bei Null.

[0051] Fig. 2b-5 zeigt den Fahrzustand, bei dem der Bediener durch Bewegung des Joysticks in die Stellung X = -100 die volle Rückwärtsfahrt der Vibrationsplatte einstellt. Die Unwuchten werden in eine Stellung bewegt, in der resultierende Kraftvektoren mit maximaler Vortriebswirkung in Rückwärtsrichtung erzeugt werden. Das Gierratensignal bleibt - soweit keine Störung der Bewegung erfolgt - bei Null.

[0052] Schließlich wird in Fig. 2b-6 ein Zustand dargestellt, in dem der Bediener durch Bewegung des Joysticks in die Stellung X = -100 und Y = -50 eine Kurvenfahrt nach rechts hinten wünscht. In diesem Fall steigt das Gierratensignal wieder auf einen positiven Wert, der hier exemplarisch mit einer Linksdrehung der Vibrationsplatte - bezogen auf eine Vorwärtsfahrt - gleichzusetzen ist.

[0053] Wie sich aus obiger Beschreibung ergibt, genügt es, wenn der Joystick 4a für die X- und Y-Koordinaten lediglich einige vorbestimmte Werte ausgibt. So reichen für die die Vorwärts- bzw. Rückwärtsfahrtrichtung bestimmende X-Koordinate die Signalwerte +100, 0, -100 aus. Für die die Drehrichtung bestimmende Y-Koordinate sollten mehrere Einzelwerte vorgesehen werden, nämlich +100, +75, +50, +25, 0, -25, -50, -75 und -100.

[0054] Es wurde bei vorstehender Beschreibung angenommen, dass das Gierratensignal bei 0 Volt liegt, wenn die Vibrationsplatte keine Drehung vollzieht. Das Gierratensignal liegt im Bereich einer positiven Spannung, wenn die Vibrationsplatte eine Linksdrehung vollführt, während der Signalwert bei einer Rechtsdrehung negativ wird. Selbstverständlich dienen diese Definitionen nur der Veranschaulichung der Erfindung. In der Praxis können auch andere Werte für das Gierratensignal erreicht werden. Wie oben dargelegt, kann darüber hinaus statt des Gierratensignals auch ein anderes Signal oder eine Kombination mehrerer Signale als Istwert für die Fahrbewegung ermittelt werden.

[0055] Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird neben der Gierratensmessung gleichzeitig eine Messung der Vorlaufgeschwindigkeit z. B. durch einen zusätzlichen Sensor durchgeführt. Dadurch kann erreicht werden, dass die Vibrationsplatte vorgegebene Kurvenradien durchfährt, d. h. gleichzeitig eine Drehung und eine Vorwärtsbewegung und nicht nur eine vorgegebene Drehung vollzieht, die bei ungünstigen Bedingungen auch zu einer Standdrehung führen kann.

[0056] Fig. 3a bis e zeigen in schematischer Draufsicht erfindungsgemäße Bodenverdichtungsvorrichtungen mit unterschiedlicher Anordnung von mehreren Schwingungserregungseinrichtungen.

[0057] Im Gegensatz zu der in Fig. 1 gezeigten erfindungsgemäßen Vibrationsplatte ist jede der in den Fig. 3a bis 3e gezeigten, ebenfalls am Beispiel von Vibrationsplat-

ten erläuterten Bodenverdichtungsvorrichtungen statt mit nur einer Schwingungserregungseinrichtung mit mehreren Schwingungserregungseinrichtungen 10, 11, 12 versehen.

[0058] Fig. 3a zeigt schematisch eine Vibrationsplatte, bei der zwei Schwingungserregungseinrichtungen 10, 11 auf einer gemeinsamen Bodenkontaktplatte 13 parallel zueinander angeordnet sind.

[0059] Die Schwingungserregungseinrichtung 10, 11 sind nur schematisch dargestellt und bestehen jeweils aus zwei parallelen, miteinander formschlüssig drehbar gekoppelten und gegenläufig drehenden Wellen 14, 15, die jeweils eine Unwucht 16 tragen und in ihrer relativen Phasenlage zueinander verstellbar angeordnet sind. Eine axiale Aufteilung von einer der Unwuchten 16 auf der zugehörigen Welle, wie dies bei der Ausführungsform gemäß Fig. 1 und 2 der Fall war, ist bei den in den Fig. 3a bis 3e dargestellten Vibrationsplatten nicht erforderlich, aber grundsätzlich auch möglich.

[0060] Die Schwingungserregungseinrichtungen 10, 11 sind parallel zueinander angeordnet, so dass sie in die gleiche Vortriebsrichtung wirken. Durch Einstellen von unterschiedlich starken bzw. unterschiedlich gerichteten resultierenden Kraftvektoren der beiden Schwingungserregungseinrichtungen 10, 11 lässt sich ein Giermoment um eine Hochachse 17 erzeugen, wodurch die Vibrationsplatte lenkbar wird.

[0061] Die Fig. 3b–3d zeigen Varianten der in Fig. 3a gezeigten Vibrationsplatte, die ohne die erfindungsgemäße Fahrtrichtungsstabilisierung in der Praxis nicht anwendbar wären.

[0062] So sind bei der Ausführungsform gemäß Fig. 3b drei Schwingungserregungseinrichtungen 10, 11, 12 auf der Bodenkontaktplatte 13 angeordnet. Die mittlere der drei Schwingungserregungseinrichtungen (mit Bezugszeichen 11 gekennzeichnet) muss dabei nicht zwingend zum Vortrieb und damit zum Erzeugen einer Fahrbewegung der Vibrationsplatte beitragen. Vielmehr genügt es, wenn lediglich die äußeren Schwingungserregungseinrichtungen 10, 12 den Vortrieb und die Lenkung bewerkstelligen, während die mittlere Schwingungserregungseinrichtung 11 ausschließlich zum Erzeugen einer vertikal gerichteten Schwingung dient. Dementsprechend einfach kann die mittlere Schwingungserregungseinrichtung 11 aufgebaut sein. So ist es z. B. nicht erforderlich, dass die Richtung des von ihr erzeugten resultierenden Kraftvektors einstellbar ist.

[0063] Fig. 3c zeigt eine Anordnung, bei der die Schwingungserregungseinrichtungen 10, 11 um 90° verdreht zueinander auf der gemeinsamen Bodenkontaktplatte 13 angeordnet sind. Die Vorwärtsfahrtrichtung der Vibrationsplatte ist durch einen nach links gerichteten Pfeil dargestellt. Somit genügt es für den normalen Vorwärtsbetrieb, dass lediglich die Schwingungserregungseinrichtung 10 einen nach vorne gerichteten Kraftvektor erzeugt. Soweit eine Lenkung der Vibrationsplatte nicht erforderlich ist, ist die von der Schwingungserregungseinrichtung 11 erzeugte Schwingung vertikal gerichtet. Zum Lenken allerdings kann die Schwingung der Schwingungserregungseinrichtung 11 auch mit einer Horizontalkomponente versehen werden, was eine Drehung der Vibrationsplatte bewirkt. Durch ständigen, oszillierenden Richtungswechsel der Horizontalkomponente der von der Schwingungserregungseinrichtung 11 erzeugten Schwingung lässt sich eine schlängelnde Bewegung der Vibrationsplatte erzeugen, durch die Schubspannungen in den zu verdichtenden Boden eingebracht werden können.

[0064] Fig. 3d zeigt zwei Beispiele für die Anordnung von drei Schwingungserregungseinrichtungen 10, 11, 12, wobei jeweils die mittlere Schwingungserregungseinrichtung 11 gegenüber den anderen Schwingungserregungseinrichtun-

gen 10, 12 um 90° versetzt ist.

[0065] Bei allen Anordnungen, bei denen wenigstens eine Schwingungserregungseinrichtung um 90° gegenüber der Vortriebsrichtung der Vibrationsplatte versetzt ist, kann die Vibrationsplatte im Verdichtungsprozess neben Lenkbewegungen auch einen zur Haupt-Fahrtrichtung parallelen Versatz durchführen. Dies ist insbesondere von Vorteil für eine Automatisierung der Verdichtung von größeren Flächen, bei der die Fläche in parallelen Streifen überfahren werden soll. Ein aufwändiges Wendemanöver am Ende von jedem Streifen kann nämlich entfallen, weil die Vibrationsplatte jeweils nur um die Breite der Bodenkontaktplatte versetzt werden muss, was durch die Bereitstellung der Schwingungserregungseinrichtung 11 quer zur Hauptvortriebsrichtung leicht möglich ist.

[0066] Fig. 3e zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung, bei der zwei Schwingungserregungseinrichtungen 10, 11 übereinander angeordnet sind. Die Erregerachsen stehen senkrecht zueinander. Durch geeignete Ansteuerung der beiden Schwingungserregungseinrichtungen 10, 11 kann der resultierende Kraftvektor um die in der Mitte verlaufende Hochachse der Vibrationsplatte beliebig ausgerichtet werden. Im vorliegenden Beispiel greift der resultierende Kraftvektor im Schwerpunkt der Vibrationsplatte an. Auch andere Angriffspunkte können – je nach Gestaltung der Vibrationsplatte – zweckmäßig sein.

[0067] Bei dem Beispiel gemäß Fig. 3e sind die Schwingungserregungseinrichtungen 10, 11 gemeinsam auf einer Bodenkontaktplatte 18 befestigt, die einen im Wesentlichen kreisförmigen Grundriss aufweist. Eine derartige Vibrationsplatte kann problemlos in sämtliche Richtungen verfahren werden, ohne dass eine sonst übliche Hauptrichtung beachtet werden müsste. In Verbindung mit der oben beschriebenen Richtungsstabilisierungsregelung kann bei diesem Beispiel eine hohe Richtungsstabilität und Manövrierfähigkeit erreicht werden.

[0068] Die in den Fig. 3a bis 3e gezeigten Bodenverdichtungsvorrichtungen haben in Verbindung mit der erfindungsgemäßen Fahrbewegungsregelung den Vorteil gegenüber bisher bekannten Vibrationsplatten, dass die hier beispielhaft gezeigten Anordnungen von Schwingungserregungseinrichtungen ohne die erfindungsgemäße Fahrtregelung eine hohe Instabilität der Fahrtrichtung aufweisen würde, was in der praktischen Handhabung, selbst bei handgeführten, also nicht ferngesteuerten Bodenverdichtungsvorrichtungen zu einer hohen Belastung des Bedieners führen würde. Im Gegensatz dazu wird in Verbindung mit der erfindungsgemäßen Fahrtregelungseinrichtung z. B. eine vom Bediener gewünschte Geradeausfahrt auch bei mit unterschiedlicher Frequenz drehenden Wellen der Schwingungserregungseinrichtungen ebenso konstant eingeregelt, wie durch Bodeneinflüsse erzeugte Drehmomente um die Hochachse kompensiert werden.

[0069] Es ist offensichtlich, dass statt der in den Fig. 3a bis 3e gezeigten zwei oder drei Schwingungserregungseinrichtungen auch noch mehr Schwingungserregungseinrichtungen auf der gemeinsamen Bodenkontaktplatte angebracht und – zumindest teilweise – von der Fahrtregelungseinrichtung angesteuert werden können.

[0070] Die Fig. 4a bis 4d zeigen in schematischer Draufsicht erfindungsgemäße Bodenverdichtungssysteme, die jeweils aus mehreren Vibrationsplatten 21, 22, 23 bestehen und durch eine Verbindungsstruktur miteinander richtungsstabil, aber relativ zueinander höhenbeweglich, gegebenenfalls auch elastisch bzw. mit mehreren Freiheitsgraden beweglich verbunden sind.

[0071] Fig. 4a zeigt ein erfindungsgemäßes Bodenverdichtungssystem mit zwei Vibrationsplatten 21, 22, die

durch Verbindungselemente 24 miteinander verbunden sind. [0072] Jede der Vibrationsplatten 21, 22 trägt eine Schwingungserregungseinrichtung 25, wie sie bereits in Zusammenhang mit den Fig. 3a bis 3e erläutert worden sind.

[0073] Die Verbindungsstruktur verbindet mit den Verbindungselementen 24 die Vibrationsplatten 21, 22 in geeigneter Weise derart, dass die Vibrationsplatten 21, 22 sich nicht gegeneinander verdrehen können, sondern in ihrer jeweiligen Richtung gehalten werden. Zum Ausgleich von Bodenunebenheiten und der nicht erforderlichen Schwingungssynchronisation der Vibrationsplatten ist aber die relative Beweglichkeit möglich und zweckmäßig.

[0074] Die Schwingungserregungseinrichtungen 25 auf jeder der Vibrationsplatten 21, 22 dienen gleichzeitig als Fahrtrieb zum Erzeugen einer Vortriebsbewegung. Grundsätzlich ist es aber möglich, die Schwingungserregungseinrichtung vom Fahrtrieb funktionsmäßig zu trennen. So ist es – wie oben bereits beschrieben – bei einem bekannten Zwei-Wellen-Schwingungserreger möglich, eine starke wird, wenn die resultierenden Kraftvektoren senkrecht stehen (vergleiche z. B. Fig. 2a-4).

[0075] Fig. 4b zeigt drei parallel zueinander angeordnete Vibrationsplatten 21, 22, 23, die jeweils ebenfalls über die Verbindungselemente 24 miteinander verbunden sind und jeweils eine Schwingungserregungseinrichtung 25 tragen.

[0076] Fig. 4c zeigt zwei Vibrationsplatten 21, 22, auf denen jeweils eine Schwingungserregungseinrichtung 25 befestigt ist, wobei jedoch die Vortriebsrichtung der beiden Schwingungserregungseinrichtungen 25 um 90° zueinander verdreht ist.

[0077] Die Schwingungserregersysteme der Vibrationsplatten können ohne Synchronisation oder miteinander synchronisiert betrieben werden. Eine der Vibrationsplatten 21 dient zum Erzeugen des Vortriebs des gesamten Bodenverdichtungssystems, während die zweite Vibrationsplatte 22 neben der Bodenverdichtung der Richtungssteuerung dient. Bei ungestörter Geradeausfahrt (Pfeilrichtung) ist der resultierende Kraftvektor der zur Richtungssteuerung vorgesehenen Vibrationsplatte 22 senkrecht zur Ebene gerichtet oder wird gezielt oszillierend nach links und rechts gerichtet, um z. B. Schubspannungen in das zu verdichtende Gut einzubringen.

[0078] Fig. 4d zeigt Anordnungen von drei miteinander gekoppelten Vibrationsplatten 21, 22, 23, wobei jeweils eine Schwingungserregungseinrichtung 26 um 90° gegenüber den übrigen Schwingungserregungseinrichtungen 25 verdreht angeordnet ist.

[0079] Wie bei der in Fig. 3d beschriebenen Bodenverdichtungsvorrichtung kann aufgrund der um 90° verdrehten Vortriebsrichtung der Schwingungserregungseinrichtungen 25 auch hier ein Parallelversatz des Gesamtsystems erzielt werden.

[0080] Wie bei den Schwingungserregungseinrichtungen gemäß Fig. 3a bis 3e und im Unterschied zu der anhand von den Fig. 1 und 2 beschriebenen Bodenverdichtungsvorrichtung ist es bei den Vibrationsplatten 21, 22, 23 der in den Fig. 4a bis 4d gezeigten Bodenverdichtungssystemen nicht erforderlich, dass in den jeweiligen Vibrationsplatten 21, 22, 23 eine eigene Lenkeinrichtung – z. B. durch zwei auf einer Welle axial zueinander angeordnete Unwuchtmassen – eingebaut ist. Es genügt vielmehr, dass die jeweilige Schwingungserregungseinrichtung die bereits beschriebenen zwei Wellen 14, 15 aufweist, die synchronisiert gegenläufig drehbar sind und jeweils eine Unwuchtmasse tragen, deren Phasenlage einstellbar ist. Insbesondere bei Verwendung von drei Vibrationsplatten, wie in den Fig. 4b und 4d gezeigt, ist es sogar möglich, das bei der Schwingungserregungseinrichtung der mittleren Vibrationsplatte nicht einmal die Pha-

senlage einstellbar sein muss.

[0081] Die Koordination der Schwingungserreger in den Vibrationsplatten ist verständlicherweise äußerst komplex. Aus diesem Grund ist in dem Bodenverdichtungssystem eine Bewegungserfassungseinrichtung wie bei der anhand von Fig. 1 beschriebenen Bodenverdichtungsvorrichtung vorgesehen. Die Bewegungserfassungseinrichtung, z. B. ein Gierratensensor oder ein anderes, bereits oben beschriebenes Bauelement, erfasst einen Istwert für die Fahrbewegung des gesamten Bodenverdichtungssystems.

[0082] In einer ebenfalls vorhandenen Fahrtregelungseinrichtung wird der Istwert mit einem vom Bediener über die Fernsteuerung vorgegebenen Sollwert verglichen. Die Fahrtregelungseinrichtung regelt vorhandene Regelabweichungen durch Ansteuern der jeweiligen Schwingungserreger in den Vibrationsplatten aus. Zu diesem Zweck sind in der Fahrtregelungseinrichtung Algorithmen abgespeichert, die eine eindeutige Zuordnung der Lenkfunktionen erlauben.

[0083] Wie bereits bei der einzelnen Bodenverdichtungsvorrichtung ist es auch bei dem Bodenverdichtungssystem möglich, durch Bodenunebenheiten o. ä. hervorgerufene Störungen der Fahrbewegung sofort auszugleichen. Die Fahrtregelungseinrichtung muss zu diesem Zweck nur kurzzeitig einen geeigneten Schwingungserreger der Vibrationsplatten vorstellen, um eine Korrekturbewegung einzuleiten.

[0084] Das Bodenverdichtungssystem weist gegenüber einzelnen Bodenverdichtungsvorrichtungen den Vorteil auf, dass die zugehörigen Vibrationsplatten sehr einfach aufgebaut sein können, da sie keine eigene Lenkeinrichtung benötigen.

[0085] Lediglich eine Richtungsverstellung des resultierenden Kraftvektors ist erforderlich. Statt dessen können mehrere Vibrationsplatten – also auch mehr als die in Fig. 4 gezeigten zwei oder drei Vibrationsplatten – zu einer großen Einheit mit entsprechender Arbeitsleistung kombiniert werden. Außerdem kann mit geeigneter Anordnung und Ansteuerung ein zur Hauptfahrrichtung paralleler Versatz des Bodenverdichtungssystems erreicht werden. Dies ist insbesondere vorteilhaft zur Automatisierung von Verdichtungsprozessen.

#### Patentansprüche

1. Fahrbare Bodenverdichtungsvorrichtung, mit einem Fahrtrieb (2) zum Erzeugen einer Vortriebsbewegung; einer Lenkeinrichtung (2) zum Erzeugen eines Gierrmoments um eine Hochachse der Bodenverdichtungsvorrichtung; einem Fahrtgeber (4) zur Vorgabe eines Sollwerts für eine Fahrbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung; einer Bewegungserfassungseinrichtung (6) zum Erfassen eines Istwerts für die Fahrbewegung; und mit einer von dem Istwert und dem Sollwert beaufschlagbaren Fahrtregelungseinrichtung (7) zum Ansteuern der Lenkeinrichtung (2) und/oder des Fahrtriebs (2) derart, dass eine durch die Differenz zwischen Ist- und Sollwert gebildete Regelabweichung minimal ist.
2. Bodenverdichtungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Fahrbewegung eine Fahrtrichtung, eine Ausrichtung, eine Drehrate und/oder eine Fahrtgeschwindigkeit umfasst und dass der Fahrtgeber (4) zur Vorgabe eines Sollwerts für die Fahrtrichtung, die Ausrichtung, die Drehrate und/oder die Fahrtgeschwindigkeit dient.
3. Bodenverdichtungsvorrichtung nach Anspruch 1



oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Fahrbewegung eine Gierrate um die Hochachse umfasst und dass der Sollwert ein Gierratensollwert ist.

4. Bodenverdichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Fahrregelungseinrichtung (4) die Lenkeinrichtung (2) und/oder den Fahrtrieb (2) derart ansteuert, dass sich die Bodenverdichtungsvorrichtung mit maximaler Fahrtgeschwindigkeit bei minimaler Regelabweichung fortbewegt.

5. Bodenverdichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungserfassungseinrichtung (6) einen Gierratensensor, einen Kreiselkompass, einen optischen Faserkreisel, einen Erdmagnetfeldsensor, einen GPS-Empfänger, einen Beschleunigungssensor oder eine Kombination dieser Bauelemente aufweist.

6. Bodenverdichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Fahrtrieb wenigstens eine Schwingungserregungseinrichtung (2) aufweist, mit zwei zueinander parallelen, gegenläufig drehbaren und jeweils wenigstens eine Unwuchtmasse tragenden Wellen, deren Phasenlage verstellbar ist.

7. Bodenverdichtungsvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass auf wenigstens einer Welle der Schwingungserregungseinrichtung (2) zwei Unwuchtmassen axial versetzt angeordnet sind und dass die Lenkeinrichtung zum Verstellen der Phasenlage der beiden Unwuchtmassen ausgebildet ist.

8. Bodenverdichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Fahrtrieb und die Lenkeinrichtung durch eine Anordnung von mehreren, zueinander ortsfest getragenen Schwingungserregungseinrichtungen (10, 11, 12) gebildet sind, wobei die Schwingungserregungseinrichtungen (10, 11, 12) jeweils zwei zueinander parallele, gegenläufig drehbare und jeweils wenigstens eine Unwucht (16) tragende Wellen (14, 15) aufweisen, deren Phasenlage verstellbar ist, und wobei jeweils durch eine der Schwingungserregungseinrichtungen (10, 11, 12) jeweils eine Vortriebsbewegung in eine Vortriebsrichtung erzeugbar ist.

9. Bodenverdichtungsvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Vortriebsrichtungen der Schwingungserregungseinrichtungen (10, 11, 12) im wesentlichen identisch sind.

10. Bodenverdichtungsvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Vortriebsrichtung von wenigstens einer (11) der Schwingungserregungseinrichtungen von denen der anderen (10, 12) abweicht.

11. Bodenverdichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Schwingungserregungseinrichtung vorgesehen ist, durch die keine Vortriebsbewegung erzeugbar ist.

12. Bodenverdichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwingungserregungseinrichtungen auf einer gemeinsamen Bodenkontaktplatte (13, 18) angeordnet sind.

13. Bodenverdichtungsvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Bodenkontaktplatte (18) einen im wesentlichen kreisförmigen Grundriß aufweist.

14. Bodenverdichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass

zwei Schwingungserregungseinrichtungen (10, 11) übereinander angeordnet sind, deren Vortriebsrichtungen sich unterscheiden.

15. Bodenverdichtungsvorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass ein von den Schwingungserregungseinrichtungen (10, 11) erzeugter resultierender Kraftvektor im Schwerpunkt der Bodenverdichtungsvorrichtung angreift.

16. Bodenverdichtungssystem, mit mehreren fahrbaren, miteinander verbundenen Bodenverdichtungsvorrichtungen (21, 22, 23), wobei

wenigstens eine der Bodenverdichtungsvorrichtungen (21, 22, 23) einen Fahrtrieb zum Erzeugen einer Vortriebsbewegung in eine Vortriebsrichtung sowie eine Schwingungserregungseinrichtung (25) aufweist;

der Fahrtrieb zu- und abschaltbar ist; ein Fahrtgeber zur Vorgabe eines Sollwerts für eine Fahrbewegung des gesamten Bodenverdichtungssystems vorgesehen ist;

eine Bewegungserfassungseinrichtung zum Erfassen eines Istwerts für die Fahrbewegung vorgesehen ist; und wobei

eine von dem Istwert und dem Sollwert beaufschlagbare Fahrregelungseinrichtung vorgesehen ist, zum Ansteuern der einzelnen Fahrtriebe derart, dass eine durch die Differenz zwischen Ist- und Sollwert gebildete Regelabweichung minimal ist.

17. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Bodenverdichtungsvorrichtungen (21, 22, 23) miteinander richtungsstabil oder mit mehreren Freiheitsgraden beweglich oder elastisch und/oder relativ zueinander höhenbeweglich verbunden sind.

18. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Fahrbewegung eine Fahrtrichtung, eine Ausrichtung, eine Drehrate und/oder eine Fahrtgeschwindigkeit umfasst und dass der Fahrtgeber zur Vorgabe eines Sollwerts für die Fahrtrichtung, die Ausrichtung, die Drehrate und/oder die Fahrtgeschwindigkeit des Bodenverdichtungssystems dient.

19. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Vortriebsrichtung von wenigstens einer der Bodenverdichtungsvorrichtungen (22) von der Vortriebsrichtung von wenigstens einer anderen Bodenverdichtungsvorrichtung (21, 23) unterscheidet.

20. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Vortriebsrichtung der wenigstens einen Bodenverdichtungsvorrichtung (22) senkrecht zu der Vortriebsrichtung der anderen Bodenverdichtungsvorrichtung (21, 23) steht.

21. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwingungserregungseinrichtung (25, 26) einen Teil des Fahrtriebs bildet.

22. Bodenverdichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15 oder Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 16 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Fahrtgeber Bestandteil einer Fernsteuerung (4) ist.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---



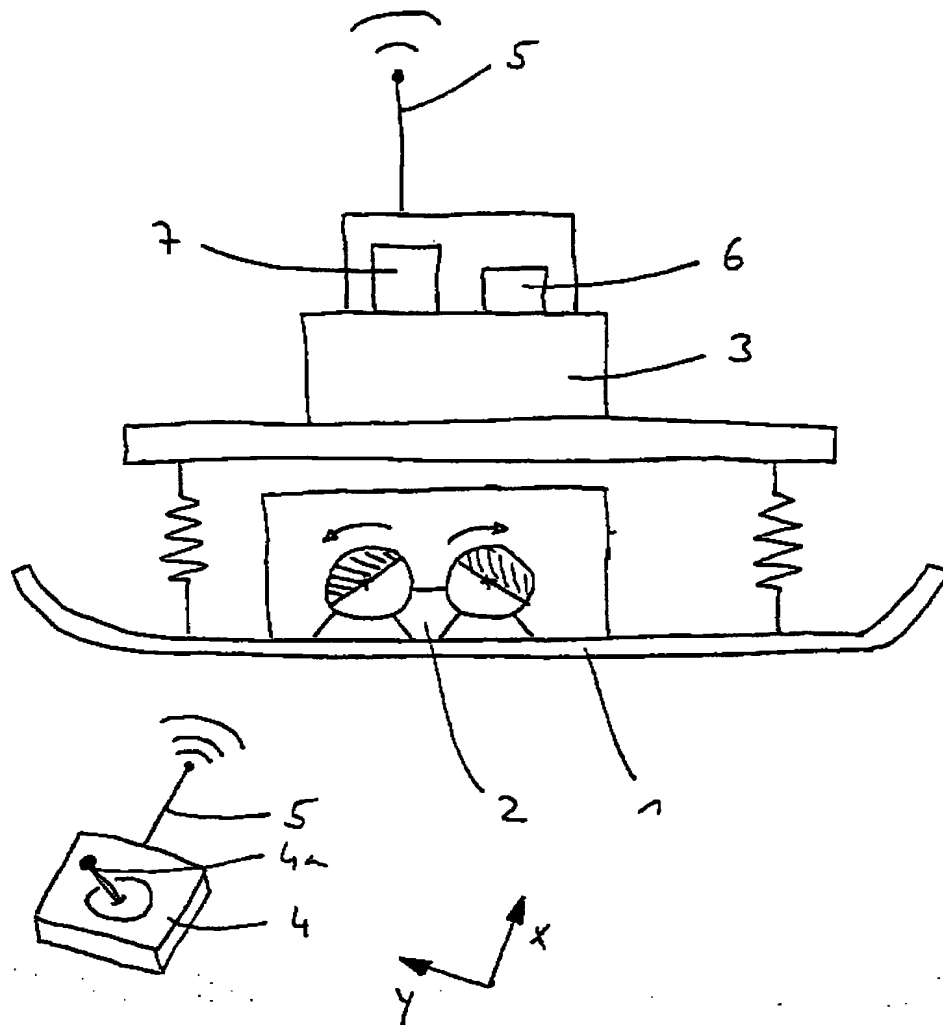


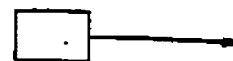
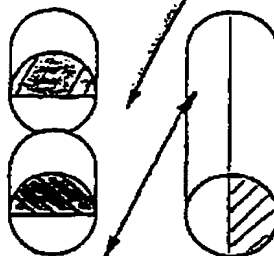
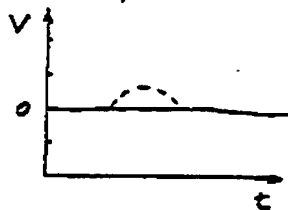
Fig. 1

Joystickstellung	Gierratensignal	Unwuchtstellung	Fahrbewegung
------------------	-----------------	-----------------	--------------

1.

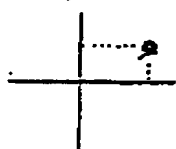


X	Y
100	0

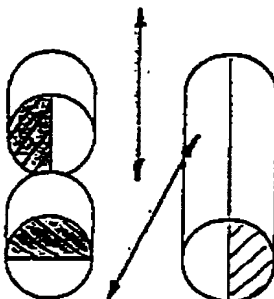
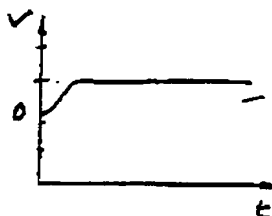


Vorwärtsfahrt

2.



X	Y
100	50

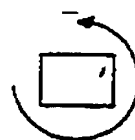
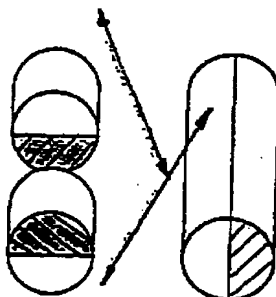
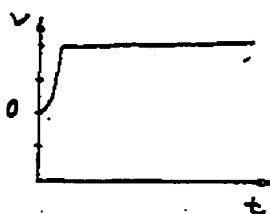


Kurvenfahrt  
nach links vorne

3.

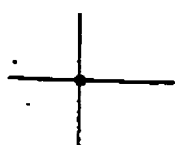


X	Y
0	100

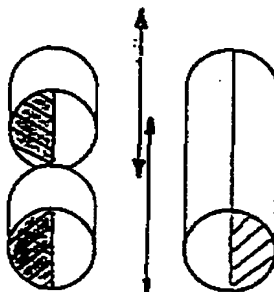
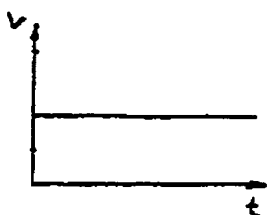


Drehen im Stand  
nach links

4.



X	Y
0	0



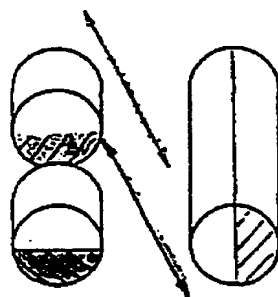
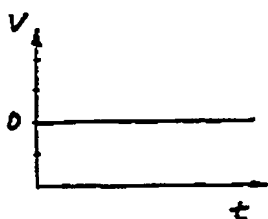
Standrüttelung

Fig. 2a)

5.

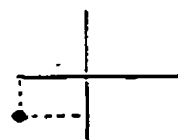


X	Y
-100	0

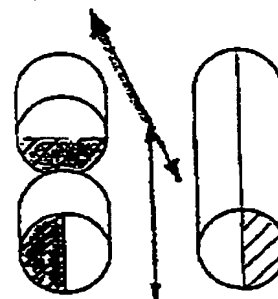
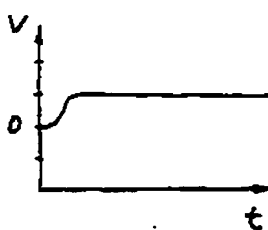


Rückwärtsfahrt

6.



X	Y
-100	-50



Kurvenfahrt  
nach rechts hinten

Fig. 2 b)

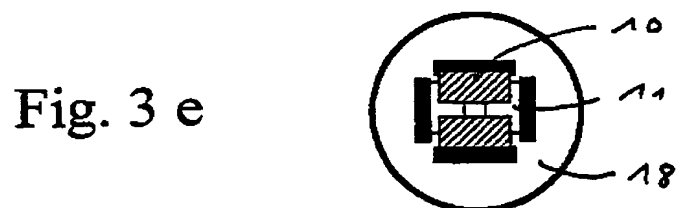
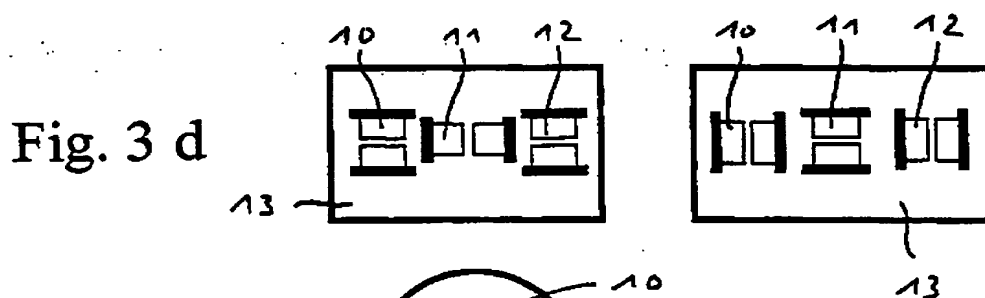
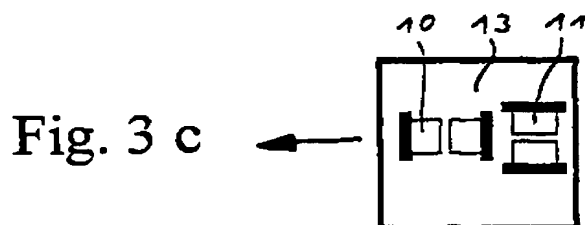
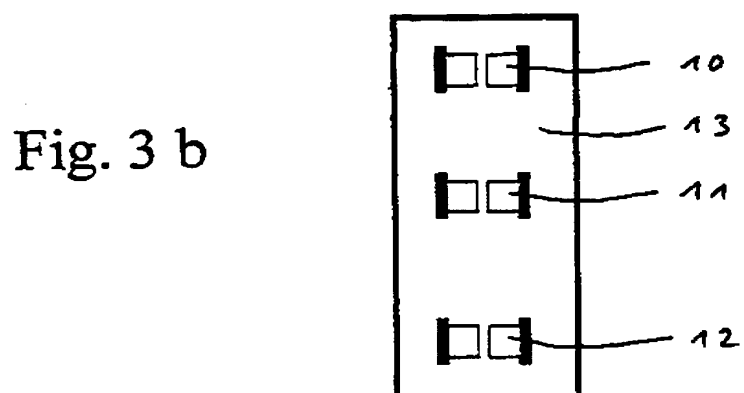
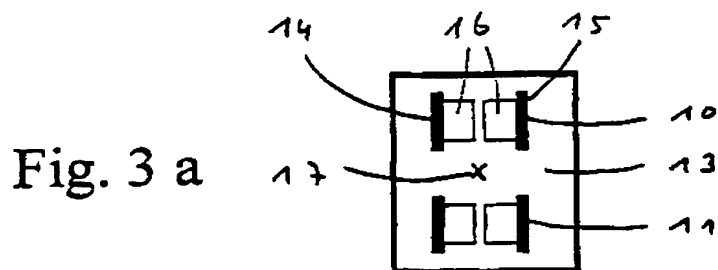


Fig. 4 a

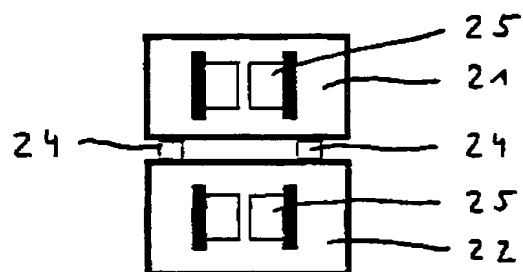


Fig. 4 b

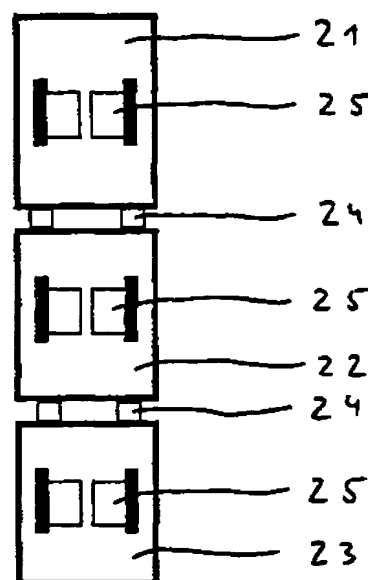
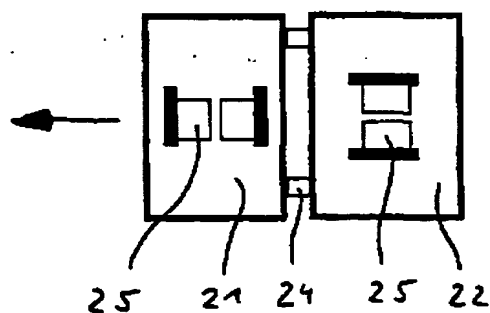


Fig. 4 c



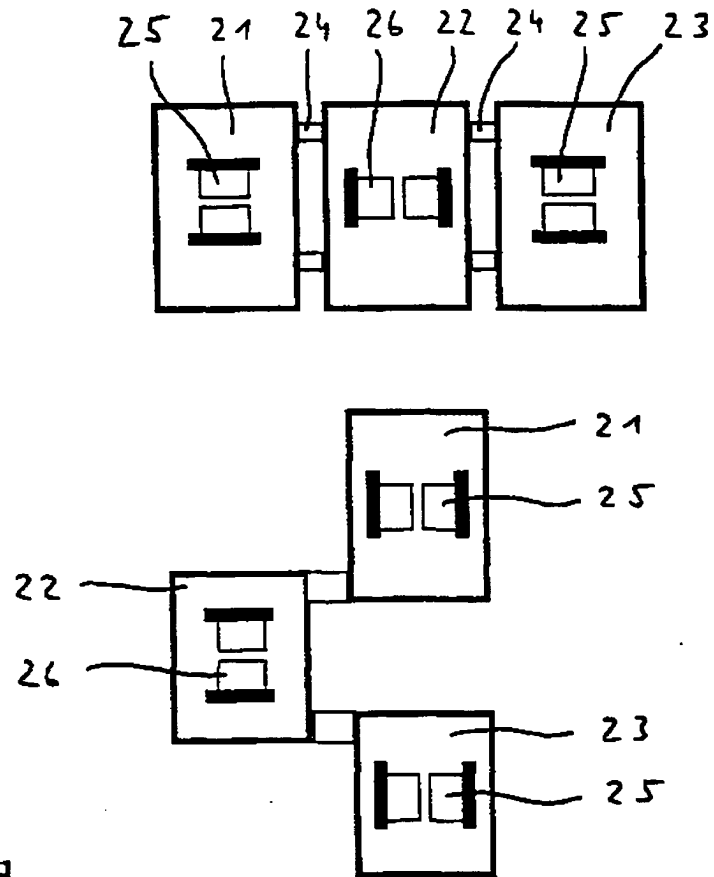


Fig. 4 d